

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 43 31 509 C 1

⑳ Aktenzeichen: P 43 31 509.7-13  
㉑ Anmeldetag: 16. 9. 93  
㉒ Offenlegungstag: —  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 7. 94

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 02 M 25/07**

F 02 D 21/08  
F 02 B 47/08  
F 01 N 3/02  
F 01 N 7/08  
F 02 B 29/04  
F 02 D 9/08

DE 43 31 509 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
20.07.93 DE 43 24 115.8

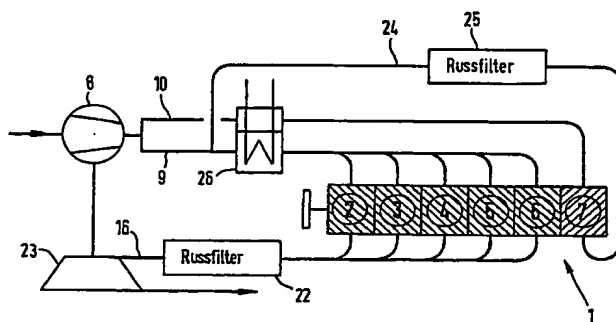
⑦3 Patentinhaber:  
MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen  
GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

⑦2 Erfinder:  
Bächle, Bernhard, 88045 Friedrichshafen, DE;  
Sudmanns, Hans, 88048 Friedrichshafen, DE;  
Schmidt, Ralph-Michael, Dr., 88085 Langenargen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 39 30 243 A1  
DE-OS 24 54 829

⑤4 Vorrichtung zur Schadstoffminderung beim Betrieb mehrzylindriger Brennkraftmaschinen

⑤7 Vorrichtung zur Schadstoffminderung beim Betrieb mehrzylindriger Brennkraftmaschinen mit verbrennungstechnisch getrennten ersten und zweiten Zylindern (2-6, 7). Ein Ansaugsammelrohr (9) führt ersten Zylindern (2-6) Frischluft und über eine Abgasrückführvorrichtung (24) die Abgase zweiter Zylinder (7) zu. Ansaugsammelrohr (10) führt den zweiten Zylindern (7) ein rußfreies Verbrennungsgemisch zu.



DE 43 31 509 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schadstoffminderung beim Betrieb mehrzylindriger Brennkraftmaschinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Schadstoffemissionen von Dieselmotoren sind in erster Linie durch den Gehalt von  $\text{NO}_x$  bestimmt. Um den Gehalt an  $\text{NO}_x$  zu mindern, wird gekühltes Abgas in die Luftzufuhr des Dieselmotors rückgeführt. Annähernd kann man feststellen, daß 20% Abgasrückführung den  $\text{NO}_x$ -Wert zur Hälfte mindert. Die Minderung des  $\text{NO}_x$  kann als eine Folge der erhöhten  $\text{CO}_2$ -Anteile in der Verbrennungsluft mit Abgasrückführung gesehen werden. Nachteilig ist jedoch, daß mit zunehmender Abgasrückführrate auch der Rußanteil im Abgas zunimmt, wobei das rußbeladene rückgeführte Abgas zu erhöhtem Verschleiß im Dieselmotor führt und der Abgaskühler nach kurzer Betriebszeit verschmutzt.

Aus der DE-OS 24 54 829 ist eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine bekannt, bei der ein zur Abgasaufnahme bestimmter Zylinder ein höheres Verdichtungsverhältnis als die anderen Zylinder der Brennkraftmaschine aufweist, mit seiner Auslaßleitung an die Einlaßleitung der übrigen Zylinder angeschlossen ist und nur beim Start der Brennkraftmaschine eine Antriebswirkung hat. Beim Start wird ein Absperrventil in einer Auslaßleitung geschlossen, so daß der Zylinder mit hohem Verdichtungsverhältnis die aus den anderen Zylindern ausströmenden Gase aufnimmt und zündet. Bei normalem Betrieb der Brennkraftmaschine nimmt der Zylinder mit der erhöhten Verdichtung einen Teil der Abgase der anderen Zylinder auf, dosiert diese und kühlt sie ab. Diese Vorrichtung zur Abgasrückführung ist konstruktiv aufwendig und daher in der Herstellung teuer.

Aus der DE 39 30 243 A1 ist eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit einem Luftansaug- und Abgassammlersystem bekannt, die ebenfalls eine Abgasrückführvorrichtung zur Reduktion der Schadstoffemission aufweist. Zum Betrieb der Brennkraftmaschine mit Abgasturbolader und Ladeluftkühler weist die Abgasrückführvorrichtung einen Abgasverteiler auf, von dem eine der Zylinderzahl der Brennkraftmaschine entsprechende Anzahl von Endrohren abzweigt. Der Abgasverteiler ist an das Abgasrohr eines Zylinders angeschlossen, während die Abgasrohre der übrigen Zylinder mit einem Abgassammelrohr verbunden sind. Die Endrohre des Abgasverters münden jeweils in Zylinderansaugrohre unmittelbar vor dem Einlaßventil der Zylinder. Das Problem zunehmender Rußkonzentration im rückgeführten Abgas und die daraus folgenden Nachteile für die Brennkraftmaschine und deren Emissionen besteht bei dieser bekannten Abgasrückführung weiter.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Schadstoffminderung beim Betrieb mehrzylindriger Brennkraftmaschinen mit geringem konstruktiven Aufwand und geringem  $\text{NO}$ - und Rußanteil im Abgas zu schaffen.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Schadstoffminderung werden mehrzylindrige Brennkraftmaschinen verbrennungstechnisch in eine Anzahl erster und zweiter Zylinder getrennt. Die zweiten Zylinder sind zur minimalen Partikelemission ohne Rücksicht auf die  $\text{NO}$ -Emission im Abgas nur mit Frischluft versorgt.

Das Abgas aus diesen zweiten Zylindern wird über eine Abgasrückführvorrichtung einem Ansaugsammelrohr für die ersten Zylinder zugeführt, die auf niedrige  $\text{NO}$  Emission ausgelegt sind.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung emittiert ein mehrzylindriger Dieselmotor insgesamt nur wenig  $\text{NO}$  und die Rußanteile im rückgeführten Abgas sind konstant auf einem so niedrigen Wert gehalten, daß der Verschleiß des Dieselmotors und die Verschmutzung von Kühlern durch das rückgeführte Abgas gering ist.

Vorzugsweise ist in der Abgasrückführvorrichtung ein Rußfilter enthalten, um die Belastung der erfindungsgemäßen Vorrichtung aus Verschleiß und Verschmutzung weiter zu verringern.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung dient ein Ladeluftkühler hinter einem Verdichter im Ansaugsammelrohr für die ersten Zylinder auch zur Kühlung des rückgeführten Abgases aus den zweiten Zylindern.

In einer bevorzugten Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die rückgeführten Abgase in einem Kühler in der Abgasrückführvorrichtung gekühlt und stromabwärts des Ladeluftkühlers in das Ansaugsammelrohr für die ersten Zylinder geführt. Der Ladeluftkühler bleibt so von den Rußanteilen im Abgas frei und die thermische Belastung aus verdichteter Frischluft und heißen Abgasen ist auf zwei räumlich getrennte Kühler verteilt.

Ein vorteilhafter Ladeluftkühler ist gemäß der Erfindung ein Kombinationskühler, der einen vorgeschalteten Edelstahlkühler und einen nachgeschalteten Aluminiumkühler aufweist. Der vorgeschaltete Edelstahlkühler ist besonders standfest gegen hohe Temperaturen und der Aluminiumkühler weist besonders günstige Wärmeübergangsbedingungen auf.

Besonderes günstige Verhältnisse von reduzierten Rußanteilen zu reduzierten  $\text{NO}$ -Anteilen im Abgas der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich mit einer im Querschnitt einstellbaren Verbindungsleitung zwischen dem Abgassystem der ersten Zylinder und der Abgasrückführvorrichtung von den zweiten Zylindern erzielen. Zur Erzielung möglichst geringer Rußanteile im Abgas kann die Verbindungsleitung weit geöffnet und zur Erzielung möglichst geringer  $\text{NO}_x$ -Anteile kann der Querschnitt der Verbindungsleitung verengt oder geschlossen werden.

Eine besonders vorteilhafte Reduktion der Rußanteile im Abgas läßt sich gemäß der Erfindung durch eine erhöhte Differenz zwischen höherem Verdichterdruck und niedrigerem Abgasgegendruck in der Abgasrückführvorrichtung von den zweiten Zylindern erreichen. Um den Verdichterdruck vor den zweiten Zylindern und damit die Differenz zum konstanten Abgasgegendruck in der Abgasrückführvorrichtung zu erhöhen, wird vorgeschlagen, im Ansaugsammelrohr zu den ersten  $\text{NO}_x$ -optimierten Zylindern eine Drossel anzuordnen.

Gemäß einer Alternative kann die Reduktion der Rußanteile im Abgas durch erhöhte Druckdifferenz auch dadurch erreicht werden, daß die Mündung der Abgasrückführvorrichtung in das Ansaugsammelrohr zu den ersten Zylindern als Injektor ausgestaltet ist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung mündet die Abgasrückführvorrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in das Luftansaugsystem für alle Zylinder der Brennkraftmaschine und dem Ansaugsammelrohr für die zweiten — auf minimale Partikelemission ausgelegten — Zylinder wird ein Gas- oder Benzinger misch zugeführt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Dieselmotors mit Abgasrückführung und einem Ladeluftkühler,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Dieselmotors mit Abgasrückführung, einem Ladeluftkühler und einem Abgaskühler,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung, einem Ladeluftkühler und gemischtem Diesel-, Gas- oder Benzinbetrieb und

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Dieselmotors mit Abgasrückführung und einem Ladeluftkühler gemäß Fig. 1 mit einem Bypassventil zur Umgehung des Ladeluftkühlers.

Fig. 1: Ein Dieselmotor 1 weist Zylinder 2-7 auf. Über einen Verdichter 8 wird Luft angesaugt und in zwei getrennte Ansaugsammelrohre 9, 10 eingespeist. Das Ansaugsammelrohr 9 ist über Ansaugrohre mit ersten Zylindern 2-6 und das Ansaugsammelrohr 10 mit einem oder mehreren zweiten Zylindern 7 verbunden.

Ein Abgassystem 16 ist über Abgasrohre mit der Auslaßseite der ersten Zylinder 2-6 verbunden und enthält einen Rußfilter 22 und eine Abgasturbine 23.

Die Auslaßseite des zweiten Zylinders 7 steht mit einer Abgasrückführvorrichtung 24 in Verbindung. Die Abgasrückführvorrichtung 24 enthält einen Rußfilter 25 und mündet stromaufwärts eines Ladeluftkühlers 26 in das Ansaugsammelrohr 9.

Fig. 2: Identische Komponenten sind in den Fig. 1 und 2 mit gleichen Bezugszeichen versehen. Ein zusätzlicher Kühler 27 für die Abgase aus dem zweiten Zylinder 7 ist in der Abgasrückführvorrichtung 24 enthalten. Die Abgasrückführvorrichtung 24 mündet stromabwärts des Ladeluftkühlers 26 in das Ansaugsammelrohr 9 für die ersten Zylinder 2-6. Vom Verdichter 8 führt eine Leitung 27 zum Ladeluftkühler 26, von dem die Ansaugsammelrohre 9, 10 abgehen.

Fig. 3: Identische Komponenten sind in den Fig. 1, 2 und 3 mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Abgasrückführvorrichtung 24 mündet stromaufwärts des Ladeluftkühlers 26 in die Leitung 27. In das zweite Ansaugsammelrohr 10 zu dem zweiten Zylinder 7 wird über einen Vergaser oder eine Einspritzvorrichtung 28 aus einem Behälter 30 Gas oder Benzin unter Druck einer Pumpe 29 gefördert. Ein Rußfilter in der Abgasrückführvorrichtung 24 kann bei dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung entfallen.

Bei den erfindungsgemäßen Vorrichtungen der Fig. 1, 2 und 3 kann von der Abgasrückführvorrichtung 24 zu dem Abgassystem 16 eine Verbindungsleitung (nicht dargestellt) führen, die vorzugsweise mit einem variabel einstellbaren Querschnitt ausgestattet ist, mit dem sich die Rückführtrate in der Abgasrückführvorrichtung 24 steuern läßt.

Um den Rußanteil bereits bei der Verbrennung im zweiten Zylinder 7 gering zu halten, ist die Druckdifferenz zwischen dem Druck vor Zylinder 7 und dem Abgasgegendruck möglichst groß zu halten. Um diese große Druckdifferenz zu erzielen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Drossel (nicht dargestellt) in dem Ansaugsammelrohr 9 zu den ersten Zylindern 2-6 anzuordnen. Alternativ kann diese erhöhte Druckdifferenz auch mit einem Injektor (nicht dargestellt) erzielt werden, der an der Mündung der Abgasrückführvorrichtung 24 in das Ansaugsammelrohr 9 angeordnet ist.

Im Betrieb wird der Brennkraftmaschine Luft mit erhöhtem Druck aus dem Verdichter 8 zugeführt. Der

Verdichter 8 wird von den Abgasen aus den ersten Zylindern 2-6 über die Abgasturbine 23 angetrieben. Abgas aus dem über Ansaugsammelrohr 10 ausschließlich mit Frischluft beaufschlagten zweiten Zylinder 7 wird dem Ansaugsammelrohr 9 für die ersten Zylinder 2-6 über eine Abgasrückführvorrichtung 24 mit Rußfilter 25 zugeführt. Der Rußanteil im Abgas des zweiten Zylinders 7 steigt auf Grund der ausschließlichen Frischluftzufuhr zum Zylinder 7 nicht über einen niedrigeren Wert, während die NO-Anteile im Abgas der ersten Zylinder 2-6 durch die rückgeführten Abgase gering gehalten sind. Daneben besteht die Möglichkeit über unterschiedliche Verbrennungsabstimmung den NO<sub>x</sub>- und Rußanteil weiter zu optimieren (unterschiedliche Kolbenboden, Verdichtungsverhältnisse, Einspritzung etc.).

Gemäß einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung wird der zweite Zylinder 7 mit Gas- oder Benzin betrieben und das aus dieser Verbrennung resultierende rußfreie Abgas des Zylinders 7 sowohl den mit Diesel betriebenen ersten Zylindern 2-6 als auch dem zweiten Zylinder 7 zugeführt. Die NO-Emission aller Zylinder 2-7 ist gleichmäßig niedrig.

Die in Fig. 4 gezeigte Ausführungsform, bei der ein Bypassventil 34 in der Abgasrückführvorrichtung liegt, um den Ladeluftkühler 26 umgehen zu können, bringt besonders bei Teillastbetrieb Vorteile im Sinne der Aufgabenstellung.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Schadstoffminderung beim Betrieb mehrzylindriger Brennkraftmaschinen mit einem Ansaugsammelrohr (9), mit einem Abgassystem (16), das mit ersten Zylindern (2-6) verbunden ist, und mit einer Abgasrückführvorrichtung (24), die mit zweiten Zylindern (7) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweites Ansaugsammelrohr (10) mit den zweiten Zylindern (7), das Ansaugsammelrohr (9) mit den ersten Zylindern (2-6) und die Abgasrückführvorrichtung (24) mit dem Ansaugsammelrohr (9) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführvorrichtung (24) ein Rußfilter (25) aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ladeluftkühler (26) im Ansaugsammelrohr (9) enthalten ist, und die Abgasrückführvorrichtung (24) stromaufwärts des Ladeluftkühlers (26) in das Ansaugsammelrohr (9) mündet.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführvorrichtung (24) einen Abgaskühler aufweist und stromabwärts des Ladeluftkühlers (26) in das Ansaugsammelrohr (9) mündet.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladeluftkühler (26) ein Kombinationskühler ist und einen vorgeschalteten Edelstahlkühler und einen nachgeschalteten Aluminiumkühler enthält.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verbindungsleitung vorgesehen ist, die das Abgassystem (16) mit der Abgasrückführvorrichtung (24) verbindet und einen einstellbaren Querschnitt aufweist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Ansaugsammelrohr (9) eine Drossel enthalten ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführvorrichtung (24) an der Mündung in das Ansaugsammelrohr (9) einen Injektor aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Ansaugsammelrohr (10) mit den zweiten Zylindern (7), das Ansaugsammelrohr (9) mit den ersten Zylindern (2—6), die Abgasrückführvorrichtung (24) mit einer Leitung (27) zu den Ansaugsammelrohren (9, 10) verbunden ist und in das zweite Ansaugsammelrohr (10) Gas oder Benzin über einen Vergaser oder eine Einspritzvorrichtung (28) gefördert wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ladeluftkühler (26) im Ansaugsammelrohr (9) enthalten ist und der Ladeluftkühler (26) durch ein in der Abgasrückführvorrichtung (24) angeordnetes schaltbares Bypassventil (34) umgehbar ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

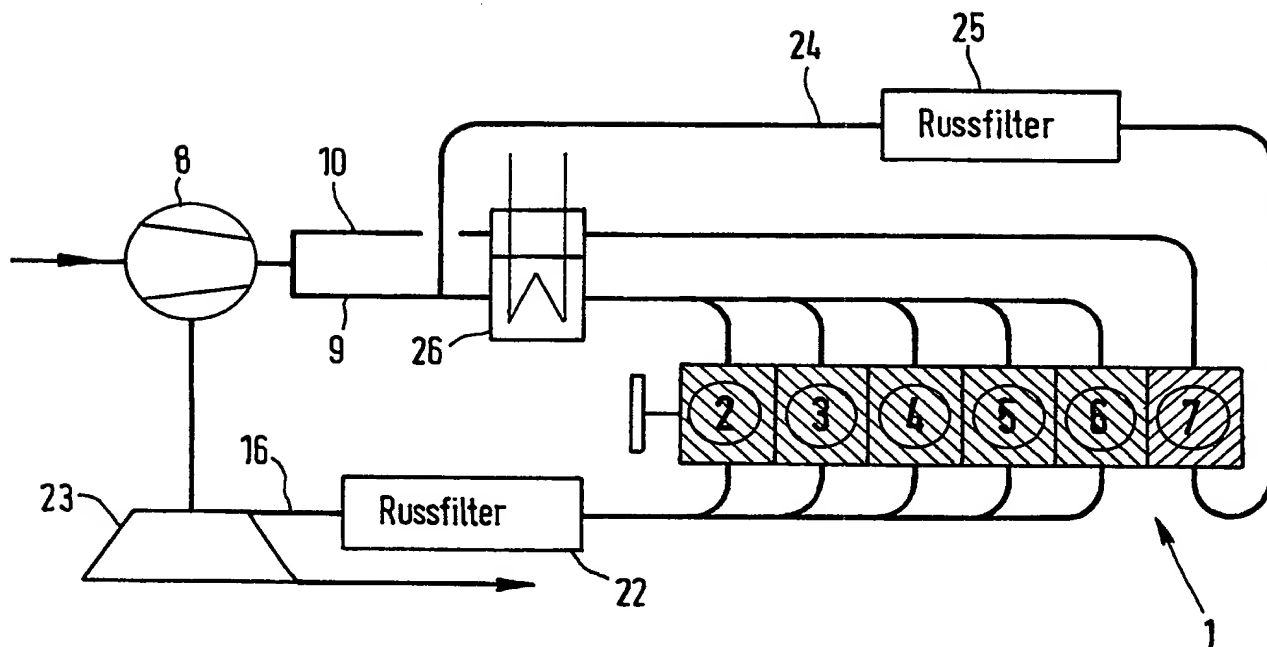


FIG. 2

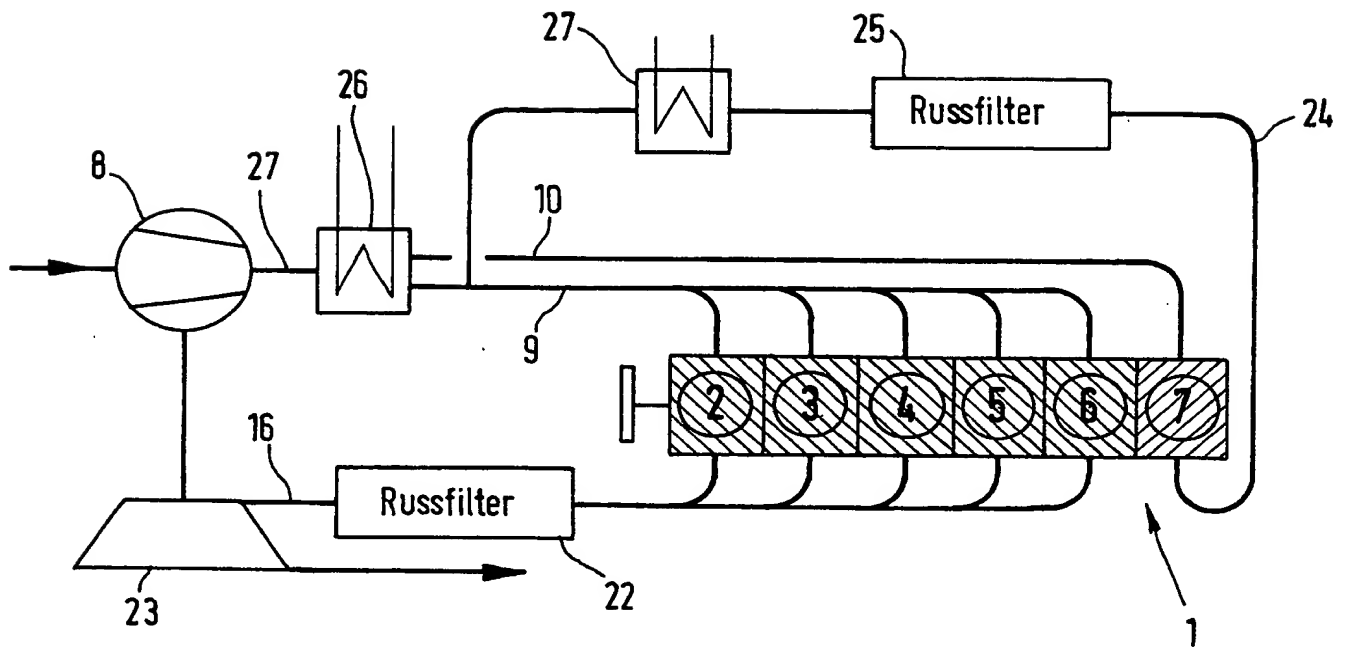


FIG. 3

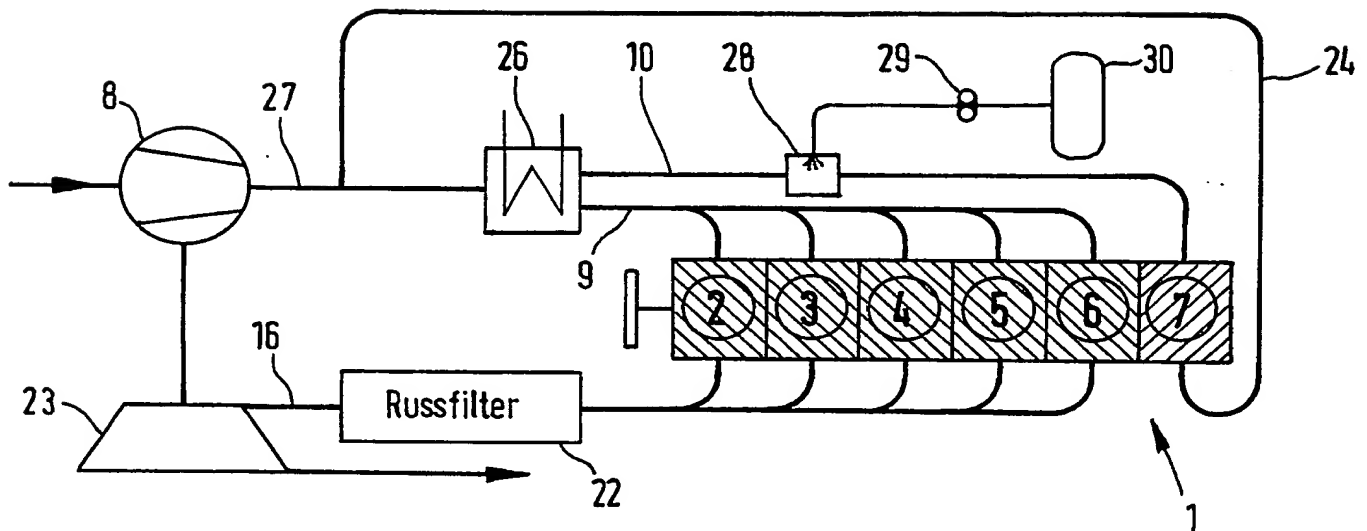


FIG. 4

